

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：34406

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560684

研究課題名(和文) RC部材とS部材で構成される接合部の孔あき鋼板ジベルによる性能改善

研究課題名(英文) Improvement of Seismic Performance on Joints Composed of Steel and Reinforced Concrete Member Using Perfobond Plate Connectors

研究代表者

西村 泰志(NISHIMURA, Yasushi)

大阪工業大学・工学部・教授

研究者番号：10102998

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円、(間接経費) 1,170,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、孔あき鋼板ジベルを鉄骨部材と鉄筋コンクリート部材の切替え部および柱梁接合部に応用することによって、接合部の構造性能の改善を試みるものである。切替え部については、鉄筋コンクリート部材に埋め込まれる鉄骨フランジに円孔を有する試験体、柱梁接合部については、鉄骨フランジに孔あき鋼板ジベルを取り付けた試験体が計画された。実験の結果、孔あき鋼板ジベルを取り付けることによって、最大耐力が増大しかつ最大耐力以後の耐力低下が小さい性状を有することが示された。また、研究代表者が提案している切替え部および柱梁接合部の設計法に孔あき鋼板ジベルの効果を加味した設計法が提案された。

研究成果の概要(英文)：To improve the seismic performance of the joints connected steel member with reinforced concrete member in series and orthogonally, the joint details using perfobond plate connectors were proposed. In case of the joint connected steel member with reinforced concrete member in series, holes were drilled in the steel flanges of the embedded steel member. On the other hand, In case of beam-column joint, perfobond plate connectors were attached on the flanges of the embedded steel beam. From the test results, it was shown that maximum strength of the joint with perfobond plate connectors increased compared with that of the joint without perfobond plate connectors and large degradation was not observed after maximum strength.

Based on the stress transferring mechanism and resistance mechanism of the joints proposed by authors, the design formulae of joints with perfobond plate connectors were proposed. The predictions were shown to be in good agreement with the test results.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築構造・材料

キーワード：RC部材 S部材 接合部 孔あき鋼板ジベル 耐震性能の改善 応力伝達機構 抵抗機構 耐力設計式

1. 研究開始当初の背景

鋼コンクリートハイブリッド構造は、社会的環境ならびに建築的環境の両観点において、次世代の多種多様なニーズに対応できる構造であり、今後ますます発展が期待できる。

鋼コンクリートハイブリッド構造の更なる発展を期するためには、鉄骨（以下、S と言う）部材と鉄筋コンクリート部材（以下、RC と言う）で構成される合理的な接合部ディテールの開発と応力伝達機構および抵抗機構に立脚した設計法の確立が不可欠である。

接合部には、部材が直交して結合される接合部（柱梁接合部、埋込み柱脚等）と部材が直列的に結合される接合部（継手部、根巻き柱脚、異種部材の切替え部等）に分類できるが、接合部の種類にかかわらず、S 部材から RC 部材への応力伝達は支圧力と摩擦力に依存する。

本研究は、摩擦力を増大させる接合部ディテールを開発することを試みる。摩擦力を期待する場合、頭付きスタッドボルト等のシアキーを鉄骨面に設置することが一般的に行われている。しかしながら、これは施工的に非常に煩雑であり、かつ、その有効性には疑問がある。そこで、頭付きスタッドボルト等のシアキーに替わって、土木分野で用いられている孔あき鋼板ジベル（以下、PBL と言う）を建築構造物の接合部に応用することを試みる。

2. 研究の目的

本研究は、近年、土木分野で用いられている PBL を S 部材と RC 部材が直列的に結合される切替え部および部材が直交して結合される柱梁接合部に応用することによって、鋼コンクリートハイブリッド構造接合部の性能の改善を試みる。また、研究代表者が提案している接合部の設計法に PBL の効果を加味した設計法を提示する。

なお、ここでは、切替え部および柱梁接合部について取り上げたが、本研究の成果は、鋼コンクリートハイブリッド構造に関連する総ての接合部の問題に応用することが可能であり、鋼コンクリートハイブリッド構造の今後の発展に大きく貢献できると確信する。

3. 研究の方法

(1) PBL を取り付けした S 部材と RC 部材との切替え部を有する片持ち梁形式の試験体を対象に載荷実験を行い、その構造性能に対する有効性を検討する。更に、既往の研究代表者が提案している切替え部の応力伝達機構および抵抗機構に基づいて、PBL の効果を加味した切替え部の耐力評価法を提示する。（平成 23 年度）

(2) PBL を取り付けした S 部材と RC 部材で構成される梁貫通形式十字形柱梁接合部を対象に載荷実験を行い、その有効性を検討する。更に、既往の研究代表者が提案している柱梁接合部の応力伝達機構および抵抗機構に基づいて、PBL の効果を加味した柱梁接合部の耐力評価法を提示する。（平成 24 年度）

(3) PBL を取り付けした S 部材と RC 部材で構成される梁貫通形式 T 字形柱梁接合部を対象に載荷実験を行い、その有効性を検討する。また、既往の研究代表者が提案している T 字形柱梁接合部の応力伝達機構および抵抗機構に基づいて、PBL の効果を加味した柱梁接合部の耐力評価法を提示する。

更に、平成 23 年度および平成 24 年度の成果を踏まえ、切替え部および柱梁接合部の合理的な設計法を提示する。（平成 25 年度）

4. 研究成果

(1) 切替え部の実験では、RC 部材に埋込まれた S 部材のフランジに円孔を設けた試験体 (F

P20), 円孔に挿入筋を配置した試験体 (FPR20) および円孔を設けていない試験体 (FP002) が計画された (図 1). FP20 および FPR20 試験体は, FP002 試験体と比べ最大耐力が増大した (図 2). しかしながら, 当初, 研究代表者が想定した耐力よりも耐力増大の効果が現なかった. これは, S 部材フランジに囲まれ

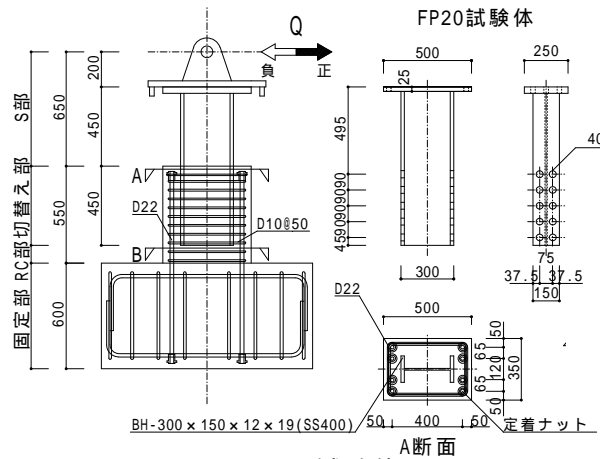


図 1 試験体

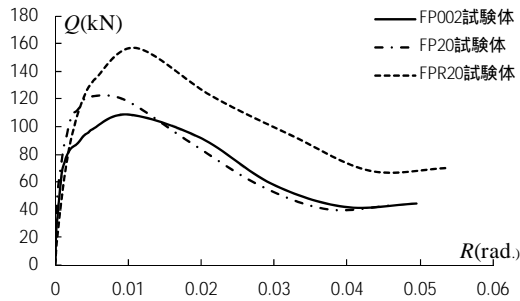
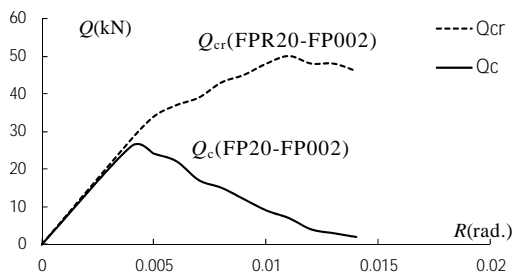
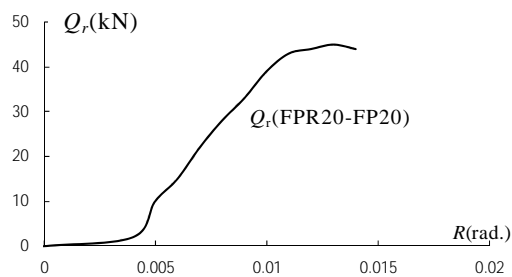


図 2 包絡線



(a) 円孔に充填されたコンクリート



(b) 挿入筋の効果

図 3 円孔及び挿入筋の効果

たコンクリートは S 部材と一体となり, 円孔に充填されたコンクリートおよび円孔に設置された挿入筋は S 部材フランジ外面で 1 面せん断によって抵抗する為である.

S 部材フランジに設けられた円孔に充填されたコンクリートは, 荷重初期の段階で耐力を増大させる効果を有する. 一方, 挿入筋は, 円孔に充填されたコンクリートの効果が減衰した段階からその効果を発揮し, ダボ作用により耐力を増大させる効果のあることが示された (図 3). これらの結果から, 円孔に充填されたコンクリートのせん断強度は, コンクリート圧縮強度の 0.2 倍, 挿入筋のせん断強度は, 挿入筋の降伏せん断強度の 0.6 倍となった.

これらの結果を加味し, S 部材フランジ外部の RC 部材はトラス機構とアーチ機構によって抵抗すると考える研究代表者の耐力評価式に, 円孔及び挿入筋の効果を加味した耐力評価法によって, 実験値を概ね評価できることが示された.

(2) PBL を有する十字形柱 RC・梁 S 接合部に関して, 鉄骨フランジ上下面に設けられた水平型 PBL を有するディテール (図 4) に着目し, 梁鉄骨フランジ上下面のコンクリートの圧壊による支圧破壊性状の改善が可能であるか実験的に検討した. 試験体 (図 5) は, PBL を設けた試験体 (S1), PBL に挿入筋を配置した試験体 (Sr1) および PBL を有しない試験体 (N1) である. 柱梁接合部のせん断補強筋比 p_w は 0.183% である.

実験結果 (図 6 (a)) から, 水平型 PBL

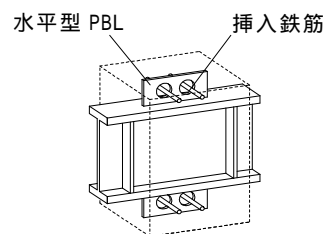


図 4 対象とするディテール

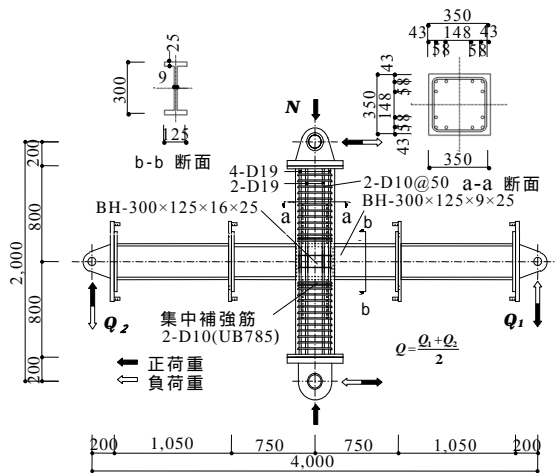
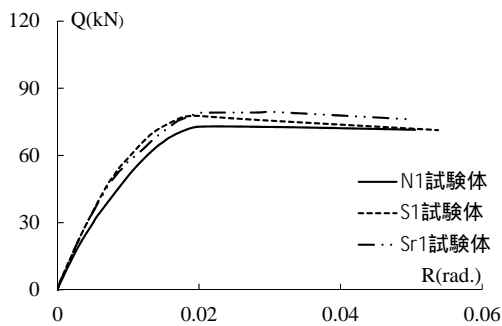
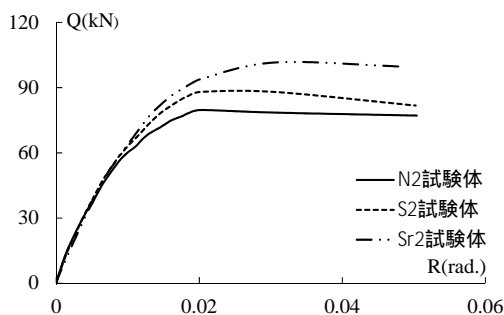


図5 試験体



(a) 柱梁接合部のせん断補強筋比
($p_w = 0.183\%$)



(b) 柱梁接合部のせん断補強筋比
($p_w = 0.833\%$)

図6 履歴曲線の包絡線

を設けることで最大耐力以降低下のない性状を示している。なお、挿入筋のない試験体では変形の増大に伴ってPBLのない試験体の包絡線に漸近する傾向が見られる。これらのことから、水平型PBLによって、最大耐力発揮後の支圧破壊を抑制できると考えられる。

PBLを有することで、最大耐力は若干増大した(図6(a))。しかしながら、既往の研究で実施された柱梁接合部のせん断補強筋

比が0.833%の試験体と比べると最大耐力の増加は大きくない(図6(b))。これは、柱梁接合部のせん断補強筋比が小さい場合、S部材からRC部材への応力伝達に関して、Sフランジ幅の内部パネルとSフランジ幅より外側の外部パネルとの間に生じるねじりによって耐力が決定されるためと考えられる。

研究代表者が既報で提案したS部材からRC部材への応力伝達機構ならびにトラスおよびアーチ機構による抵抗機構に基づく耐力評価式に、PBLの効果を加味することによって試験体の支圧耐力をほぼ評価できることが示された。

(3) PBLを有するT字形柱RC・梁S接合部に関して、鉄骨フランジ下面に設けられた鉛直型PBLを有するディテールに着目し(図7)、支圧破壊性状の改善が可能であるか実験的に検討した。なお、T字形柱梁接合部では鉛直型PBLを使用した。これは、T字形柱梁接合部では鉄骨フランジ上面のコンクリートが小さいため、水平型PBLの効果は期待できないと考えられるためである。試験体(図8)は、PBLを設けた試験体(V)、PBLに挿入筋を配置した試験体(Vr)およびPBLを有しない試験体(N)(図9)である。柱梁接合部のせん断補強筋比 p_w は0.183%である。

実験結果から、N試験体は、エネルギー吸収能力の小さな逆S字形の履歴性状を示し、最大耐力発揮後、急激に耐力が低下している。これは、Sフランジ上面がパンチングシア破

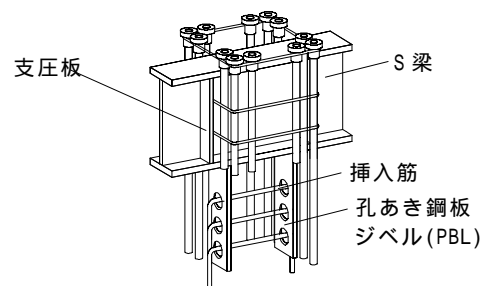


図7 提案する接合部ディテール

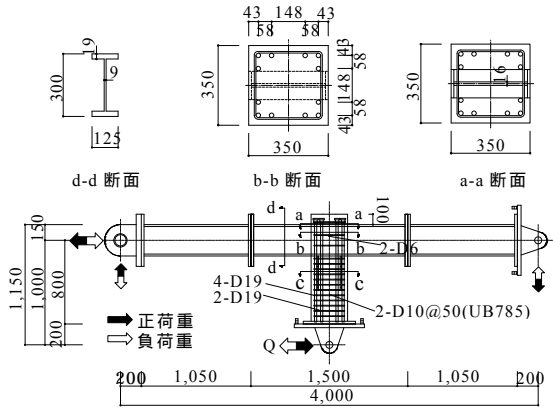


図 8 試験体

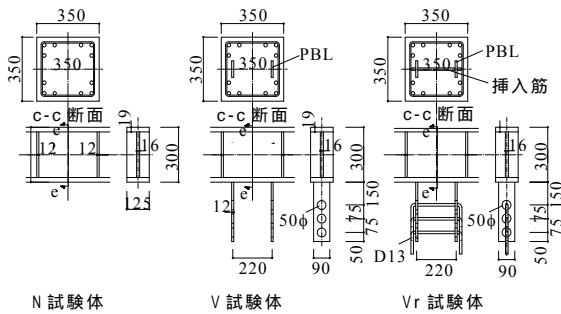


図 9 接合部ディテール

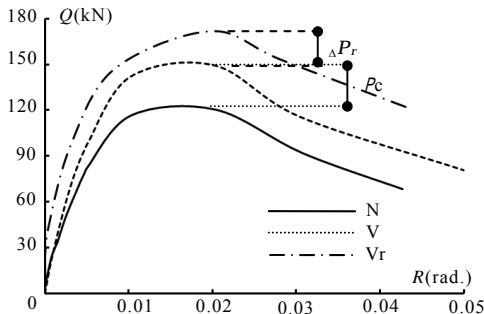


図 10 履歴曲線の包絡線

壊したことおよび内部パネルと外部パネルの境界がねじり破壊したためである。V、Vr 試験体は、PBL がコンクリートと一体となって支圧力に抵抗するため、N 試験体より初期剛性ならびに最大耐力が大きい（図 10）。また、Vr 試験体は、挿入筋の効果で、V 試験体よりも最大耐力が大きい。

この耐力差を PBL に充填されたコンクリートおよび挿入筋による二面せん断耐力と考え、各孔にせん断力が一様に分布すると仮定して、それぞれのせん断強度を求めるとコンクリートの孔一個あたりの二面せん断強度は $0.66 \sigma_c$ となる。 σ_c はコンクリートの圧縮

強度である。既往の著者らの十字形試験体では、 $0.80 \sigma_c$ となった。十字形試験体では、S フランジ上下面に PBL が取り付けられているので、圧縮側の PBL が働いていると考えられる。一方、挿入筋の二面せん断強度は、 $1.25 \sigma_y / 3$ となる。 σ_y は、挿入筋の降伏応力度である。

既往の研究代表者らの T 字形柱梁接合部の耐力評価式を準用し、PBL の耐力を加味した評価式が提案された。この評価式による計算値は、実験値を若干大きく評価する傾向にある。この点については、T 字形柱梁接合部の力学モデルの是非も含め、更に詳細に検討する必要がある。

(4) 本研究による (1) ~ (3) で述べた研究成果および研究代表者らが既往の研究で提案した応力伝達機構ならびに抵抗機構に基づいて、接合部の支圧耐力を評価できる耐力設計式が提案された。

今後、この耐力設計式を更に精度の良いものに改善していくことが今後の検討課題である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 3 件）

大附和敬，西川雄大，西村泰志：孔あき鋼板ジベルを用いた柱 RC・梁 S とする T 字形柱梁接合部の支圧破壊性状の改善，コンクリート工学年次論文集，査読有，Vol. 36，2014.7（掲載確定）

西村泰志，永峰頌子：柱 RC・梁 S とする梁貫通形式 L 字形および T 字形柱梁接合部の支圧破壊性状の改善，構造工学論文集，査読有，Vol. 60B，2014.3，pp.89-95，ISSN 0910-8033

西村泰志，堀江耕平，岡本宗一郎，永峰頌子：柱 RC・梁 S とする梁貫通形式 L 字形および T 字形柱梁接合部の応力伝達機構と抵抗機構，日本建築学会構造系論文集，

査読有 ,Vol.78 ,No.688 ,2013.6 ,pp.1167
-1174 , ISSN 1340-4202

〔学会発表〕 (計7件)

吉田幹人 ,大附和敬 ,西村泰志 : 孔あき
鋼板ジベルによる柱 RC・梁 S とする柱梁
接合部の支圧破壊性状の改善 (その 10) ,
日本建築学会大会学術講演会 ,2014.9.12 ,
神戸大学 (神戸市)

吉田幹人 ,大附和敬 ,西村泰志 : 孔あき
鋼板ジベルによる柱 RC・梁 S とする柱梁
接合部の支圧破壊性状の改善 ,(その 11) ,
日本建築学会大会学術講演会 ,2014.9.12 ,
神戸大学 (神戸市)

西川雄大 ,大附和敬 ,西村泰志 : 柱 RC・
梁 S とする柱梁接合部の孔あき鋼板ジベ
ルによる支圧破壊性状の改善 (その 6) ,
日本建築学会近畿支部研究報告会 ,
2014.6.21 ,大阪工業技術専門学校(大阪
市)

吉永綾乃 ,松原弘道 ,西村泰志 : 孔あき
鋼板ジベルによる柱 RC・梁 S とする柱梁
接合部の支圧破壊性状の改善 (その 8) ,
(その 9) ,日本建築学会大会学術講演会 ,
2013.8.31 ,北海道大学 (札幌市)

吉永綾乃 ,西村泰志 : 柱 RC・梁 S とす
る柱梁接合部の孔あき鋼板ジベルによる
支圧破壊性状の改善 (その 5) ,日本建築
学会近畿支部研究報告会 ,2013.6.15 ,大
阪工業技術専門学校 (大阪市)

西村泰志 ,松原弘道 ,又吉大輔 : S 部材
のフランジに円孔を有する切替え部の性
能改善 (その 1) , (その 2) ,日本建築学
会大会学術講演会 ,2012.9.13 ,名古屋大
学 (名古屋市)

松原弘道 ,又吉大輔 ,西村泰志 : フラン
ジに円孔を有する S 部材と RC 部材で構成
される切替え部の性能改善 ,日本建築学
会近畿支部研究報告会 ,2012.6.17 ,大阪
工業技術専門学校 (大阪市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西村 泰志 (NISHIMURA, Yasushi)

大阪工業大学・工学部・教授

研究者番号 : 10102998